

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Уральский государственный лесотехнический университет»  
(УГЛТУ)

Кафедра энергетики

Ю.В. Путилин  
С.В. Звягин  
А.И. Сафронов

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ АДИАБАТЫ**

Учебно-методическое руководство к лабораторной работе №7 по курсу  
«Теплотехника» для студентов очного и заочного обучения  
всех специальностей

Екатеринбург 2020

Печатается по рекомендации методической комиссии ИАТТС.

Протокол № 1 от 30.10.2019 г.

Рецензент – профессор, доктор техн. наук С.М. Шанчуров

Редактор Л. Д. Черных

Оператор компьютерной верстки Е. Н. Дунаева

---

Подписано в печать 20.03.2020		Поз. 45
Плоская печать	Формат 60x84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 0,46	Цена руб. коп.

---

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Сектор оперативной полиграфии РИО УГЛТУ

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Процесс, проходящий без теплообмена с окружающей средой, называется адиабатным, то есть  $\Delta q = 0$ . Чтобы осуществить такой процесс, следует либо теплоизолировать газ, либо провести процесс настолько быстро, чтобы изменение температуры газа, обусловленное его теплообменом с окружающей средой, было пренебрежимо мало по сравнению с изменением температуры, вызванным расширением или сжатием газа. Это возможно, так как теплообмен проходит значительно медленнее, чем сжатие или расширение газа.

Уравнение адиабатного процесса (кривая 1-2 на рис.1) имеет следующий вид:

$$P_1 v_1^k = P_2 v_2^k, \quad (1)$$

где  $P_1, P_2$  – давление воздуха в точках 1 и 2;  
 $v_1, v_2$  – удельный объем в тех же точках;  
 $k$  – показатель адиабаты, определяемой по формуле

$$k = \frac{\lg \frac{P_1}{P_2}}{\lg \frac{v_2}{v_1}}. \quad (2)$$

Для изотермического процесса 3 – 1 (рис.1) можно записать  $\frac{v_3}{v_1} = \frac{P_1}{P_3}$ , а для изохорного процесса 2 – 3  $v_2 = v_3$ . С учетом этих соотношений получаем

$$k = \frac{\lg \frac{P_1}{P_2}}{\lg \frac{P_1}{P_3}}. \quad (3)$$

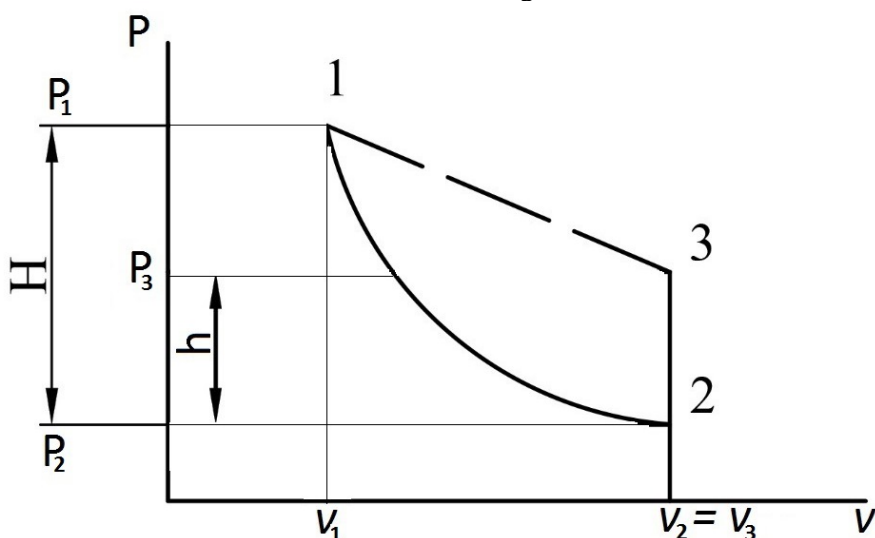


Рис. 1. Графическое изображение процессов, протекающих в опыте

Подставив, согласно рис.1, значения перепадов давления воздуха  $(P_1 - P_2) = H$  и  $(P_3 - P_2) = h$  в уравнение (3), получим

$$k = \frac{\lg \frac{P_2 + H}{P_2}}{\lg \frac{P_2 + H}{P_2 + h}} = \frac{\lg(1 + \frac{H}{P_2})}{\lg(1 + \frac{H}{P_2}) - \lg(1 + \frac{h}{P_2})} \quad (4)$$

В выполняемой лабораторной работе  $H$  и  $h$  значительно меньше  $P_2$ , поэтому

$$\frac{H}{P_2} \leq 1 \text{ и } \frac{h}{P_2} \leq 1.$$

Следовательно, разложив логарифмы в ряд по степеням малых чисел и взяв из этого ряда первый член, можно заменить  $\lg(1 + \frac{H}{P_2})$  на  $\frac{H}{P_2}$  и  $\lg(1 + \frac{h}{P_2})$  на  $\frac{h}{P_2}$ . Подставляя эти значения в уравнение (4), получим расчетную формулу для экспериментального определения  $k$ :

$$k = \frac{H}{H-h} \quad (5)$$

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Экспериментальное определение показателя адиабаты « $k$ » для воздуха и изображение протекающих в опыте процессов в диаграммах « $P$ - $v$ » и « $T$ - $s$ ».

## ОПЫТНАЯ УСТАНОВКА, МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ И ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Схема опытной установки представлена на рис. 2.

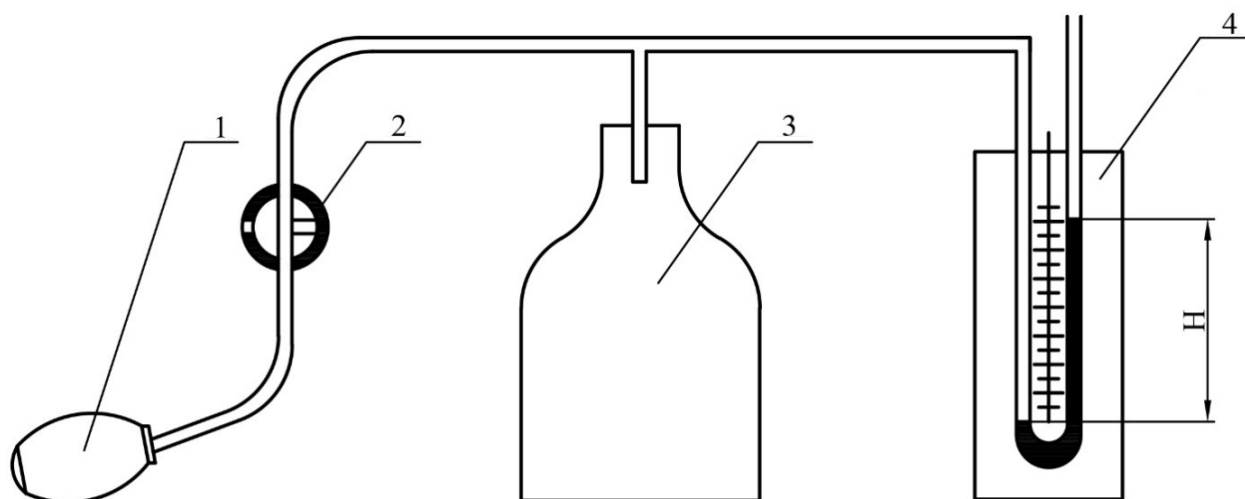


Рис.2. Схема экспериментальной установки:  
 1 – груша; 2 – трехходовой кран; 3 – стеклянный сосуд;  
 4 – жидкостный манометр

С помощью груши в стеклянный сосуд 3 нагнетается воздух до некоторого абсолютного давления так, чтобы перепад давлений по манометру ( $H$ ) был равен 400...500 мм. вод. ст. ( $4000...5000 \text{ Н/м}^2$ ). Процесс нагнетания воздуха условно можно считать изотермическим. С помощью трехходового крана 2 отключают сосуд от груши и соединяют его с атмосферой. Воздух, находящийся в сосуде, вытекает в окружающую среду и внутри сосуда устанавливается давление, равное атмосферному. Как только уровни жидкости в манометре 4 установятся на 0, быстро перекрывают кран 2.

Процесс истечения воздуха считается адиабатным, так как за время истечения практически не происходит теплообмена между воздухом, находящимся в сосуде, и окружающей средой. Как известно, в адиабатном процессе расширения температура газа снижается, поэтому к моменту закрытия крана 2 температура воздуха в сосуде будет несколько ниже, чем температура окружающей среды.

После закрытия крана происходит медленное нагревание воздуха, находящегося в сосуде. При этом давление повышается до величины  $P_3$ , объем сохраняется постоянным. Превышение давления до величины « $h$ » измеряется с помощью жидкостного манометра. Всего проводится 5 – 7 опытов. Результаты измерений вносят в таблицу.

### Результаты измерений и расчетов

№ опыта	H, Н/м <sup>2</sup>	h, Н/м <sup>2</sup>	k	Примечание
				1 мм.вод.ст. = =9,81 Н/м <sup>2</sup>

Для каждого опыта необходимо рассчитывать значение «k» по формуле (5).

Среднее экспериментальное значение показателя адиабаты:

$$k_{\text{ср}}^{\text{э}} = \frac{k_1 + k_2 + k_3 + \dots + k_n}{n},$$

где n – количество опытов.

Теоретическое значение показателя адиабаты для двухатомных газов, из которых состоит воздух,  $k = 1,4$ . Для одноатомного газа  $k = 1,67$ , для трех- и многоатомных газов  $k = 1,33$ .

Погрешность экспериментов находят из сравнения опытного значения  $k_{\text{ср}}^{\text{э}}$  и теоретического k:

$$\Delta k = \frac{k - k_{\text{ср}}^{\text{э}}}{k}.$$

Все три процесса, осуществляемые в опыте, требуется изобразить в диаграммах «P-v» и «T-s».

## **СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Отчет по работе должен включать следующие разделы:

1. Наименование и цель работы.
2. Принципиальная схема опытной установки.
3. Результаты измерений и расчетов (таблица).
4. Оценка погрешности экспериментов.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Какие процессы называются адиабатными, изотермическими, изохорными и изобарными?
2. Изобразить в диаграммах «Р- $v$ » и «Т- $s$ » адиабатный, изотермический и изохорный процессы.
3. Каким термодинамическим процессам соответствуют нагнетание воздуха в сосуд, истечение воздуха из сосуда (сброс давления) и последующее после закрытия крана повышение давления в сосуде до установления по манометру величины « $h$ »?
4. Чему равен показатель адиабаты для двухатомных газов?



**Ю.В. Путилин**  
**С.В. Звягин**  
**А.И. Сафронов**

# **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ АДИАБАТЫ**

Екатеринбург  
2020